

補助事業番号 2020M-198
補助事業名 2020年度 MR流体とモータで繊細な力を提示可能な手術シミュレータの開発
補助事業
補助事業者名 防衛大学校 システム工学群 機械工学科 生体機械工学講座
辻田哲平

1 研究の概要

バーチャルリアリティ技術を用いて、コンピュータ内に仮想的な患者を作りだし、この患者に対して手術訓練を行うことができるようにすることで、意思に様々な症例を容易に訓練できる環境を提供することを目的としている。手術の困難の脳外科を対象とし、まず豚の脳を用いて、大脳縦裂を圧排した際の力を測定し、この力を提示できることを目標に手術シミュレータの開発を行った。MR流体を用いた遭遇型力覚提示装置用の力センサや制御則を新開発し、目標提示力0.3 [N]に対して誤差0.15 [N]以下で力制御が可能となった。また、CG (Computer Graphics)上の物体に術具を接触させると、MR流体に磁場が印可され、術具を介して力を感じることができる手術シミュレータを開発した。

2 研究の目的と背景

現在、医療訴訟等が増加し、リスクの高い外科手術を必要とする分野を若手医師が避ける傾向がある。一方で、顕微鏡下手術(マイクロサージェリー)や内視鏡手術に代表されるような高度医療の発展に伴い、医師の手術手技取得の負担が増大している。このため、医師は少ない経験数で高度な手術手技を行わなくてはならないジレンマに悩まされている。そこで、患者に代わり様々な症例を容易に訓練できる環境を提供する。バーチャルリアリティ技術を用いて、コンピュータ内に仮想的な患者を作りだし、この患者に対して手術訓練を行うことができるようにする必要がある。

3 研究内容

MR流体とモータで繊細な力を提示可能な手術シミュレータの開発補助事業

(http://www.nda.ac.jp/cc/tsujita/researches/MR_Haptic.html)

脳外科手術の基本かつ重要な手技である脳裂圧排手技の訓練環境を手術シミュレータで提供することを目標として研究を実施した。脳裂を圧排する際に、脳組織に対して過度に荷重をかけると組織が損傷するため、適切な力で圧排する必要がある。このため、繊細な力を手術シミュレータの力覚提示装置で再現することが求められる。

まず、図 1に示すように脳外科手術用の術具である吸引管を模した直径5 [mm]のアルミパイプを傾けた状態で、豚脳の大脳縦裂に挿入し、IAI社製テーブルトップロボットTTA-A3SLにて一定速度で移動させ、その際の力をLeprino社製6軸力センサSFS016XS300G6で計測した。x軸方向(圧

排方向)の力 F_x とz軸方向(鉛直軸方向)の力 F_z は概ね最大0.3 [N]程度であった. そこで, 本研究では, この0.3 [N]を精度良く提示できることを目標とした.

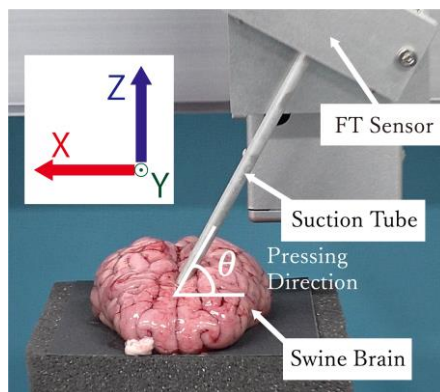


図 1 脳裂圧排実験

本研究では, これまで開発を行ってきたMR流体を用いた遭遇型力覚提示装置を改良し, より実践的な術具や力提示の精度を向上させた. MR流体の容器と電磁石をモーションテーブルと呼ぶ平行機構で構成された4自由度ロボットマニピュレータの先端に搭載し, 術具をMR流体の中に差し込むことで, 力を感じることができる. この力覚提示装置を用いた力覚提示のためには, 操作者の手にかかる力を測定する必要がある. そこで, 本研究では二種類の力センサを開発した. MR流体の容器の下に設置するタイプの力センサでは, 誤差0.03 [N]程度と高精度なセンシングを可能とした. また, 吸引管を模した術具側に力センサを搭載したセンサー一体型術具も開発した. 図2に示す様に, センサー一体型術具とMR流体を用いた遭遇型力覚提示装置を用いて力制御を行ったところ, 目標提示力0.3 [N]に対して誤差0.15 [N]以下で力制御が可能となった.

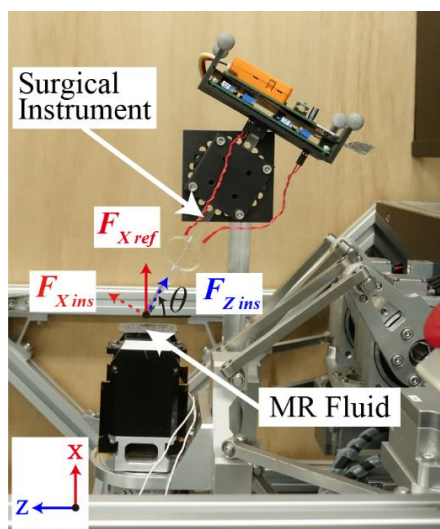


図 2 力覚提示実験

また、赤外線反射マーカの位置を取得可能なモーションキャプチャシステムを用いて、術具の位置姿勢を取得し、制御計算機に入力することを可能とした。制御計算機において、術具の位置姿勢に基づいてコイルの電流を制御し、MR流体を介して術具に力触覚を提示可能なシステムを開発した。CG (Computer Graphics)上の物体に接触させると、接触が可能環境内で起こりMR流体に磁場が印可され、術具を介して力を感じることができる。このCG描画を行うソフトウェアの改良も行い、切断、圧排といった基本的な手術手技にも対応可能とした。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で開発した手術シミュレータを発展させることで、高精細なコンピュータグラフィックスで臓器を表示して術野を表現し、組織を圧排や切断した際の繊細な力も体験できるシステムの実現が可能となる。患者固有の臓器の形状や硬さを再現し、術前の手術計画にも利用できるようになる。本研究において、臨場感の高い脳外科手術シミュレータを開発するために、機能性流体であるMR(Magnetorheological) 流体を生体組織に見立て、吸引管など術具で脳裂の圧排操作等の操作を行うことが可能な画期的な装置を開発した。今後、様々な術具を頻繁に交換しながら実践的な訓練が可能となり、新米医師のトレーニングに活用できるようになる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

MR流体を用いた遭遇型力覚提示手法は、様々な術具を使った手術トレーニングを可能とし、また高精細な力覚提示が可能といった特徴を持つ研究代表者が特許を有する特徴的な手法である。本研究により、従来ナイフでしか行っていなかった基礎的な研究を、他の術具にも適用範囲を広げることができ、より実用化に近づけることができた。また、高精度な力センサを開発したことで、手術トレーニングシステムのみならず、手術の技量評価などにも応用が期待できる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 安孫子聡子, 鈴木雅也, 辻田哲平, センサー体型術具の2方向力計測値に基づいたMR流体を用いた遭遇型力覚提示装置のカフィードバック制御, 日本ロボット学会誌(採録決定済み)
- 川村涼太郎, 辻田哲平, 安孫子聡子, 島祥太, 下田玲央, 遭遇型力覚提示装置による脳裂圧排力提示のためのMR流体容器用樹脂製2軸力センサの開発, 第9回制御部門マルチシンポジウム, PS2-9, オンライン, 3月8日, 2022.
- 船藏優弥, 佐瀬一弥, 辻田哲平, 安孫子聡子, 小型パラレルロボットとMR流体を用いた遭遇型力覚ディスプレイによる弾性力提示, ハプティクス研究委員会第27回研究会, オンライン, 11月29日, 2021.
- 安孫子聡子, 鈴木雅也, 辻田哲平, センサー体型術具の2方向力計測値に基づいたMR流体を用いた遭遇型力覚提示装置のカフィードバック制御, 第39回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2021AC1G1-04, オンライン, 9月9日, 2021.

- 島祥太, 下田玲央, 安孫子聡子, 坂本裕之, 辻田哲平, 遭遇型力覚提示装置用MR流体の切断抵抗力評価, 第39回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2021AC1F1-03, オンライン, 9月9日, 2021.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

研究紹介: http://www.nda.ac.jp/cc/tsujita/researches/MR_Haptic.html

研究紹介動画(YouTube): <https://www.youtube.com/watch?v=wFLdvlMmyBQ>

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 防衛大学校 システム工学群 機械工学科
(ボウエイダイガッコウ システムコウガクケン キカイコウガツカ)

住 所: 〒239-8686
神奈川県横須賀市走水1-10-20

担 当 者: 准教授・辻田 哲平(ツジタ テツペイ)

担 当 部 署: 生体機械工学講座(セイタイキカイコウガクコウザ)

E - m a i l: t.tsujita@ieee.org

U R L: <http://www.nda.ac.jp/cc/tsujita/index.html>